



JFW\$

**IN THE
UNITED STATES
PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Mecking, et al.

CASE: OST-041109

SERIAL NO.: 10/709,098

FILED ON: April 13, 2004

FOR: METHOD FOR IMPROVING
THE IMAGING PROPERTIES OF
AT LEAST TWO OPTICAL
ELEMENTS AND
PHOTOLITHOGRAPHIC
FABRICATION METHOD

PETITION FOR LATE
ENTRY OF
PRIORITY CLAIM
AND/OR PRIORITY
PAPERS UNDER 37
C.F.R. §1.55(a)

COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

ATTENTION OF:
Art Unit 2873
EXAMINER:
Dinh, Jack

If any charges or fees must be paid in connection with the following communication, they may be paid out of our Deposit Account No. 50-0545.

Dear Commissioner:

Applicant petitions for entry of the following accompanying papers with respect to the priority claim in this case being made after payment of the issue fee on July 6, 2005.

In addition, enclosed is the certified copy of the priority document, namely European Patent Application No. PCT/EP02/11030, filed October 2, 2002, along with the appropriate fee of \$130.00.

08/31/2005 MAHME1 00000021 10709098

01 FC:1464

130.00 OP

FACTOR & LAKE, LTD.
1327 W. Washington Blvd.
Suite 5 G/H
Chicago, IL 60607
(312) 226-1818
(312) 226-1919 (fax)

Jody L. Factor	34157
Micheal D. Lake	33727
Edward L. Bishop	39110
William J. Lenz	44208
Joseph M. Kinsella Jr.	45743
Jacob D. Koering	51890
Nick Lee	54260

Should anything further be required, a telephone call to the undersigned at (312) 226-1818 is respectfully invited.

Respectfully submitted,

FACTOR & LAKE, LTD.

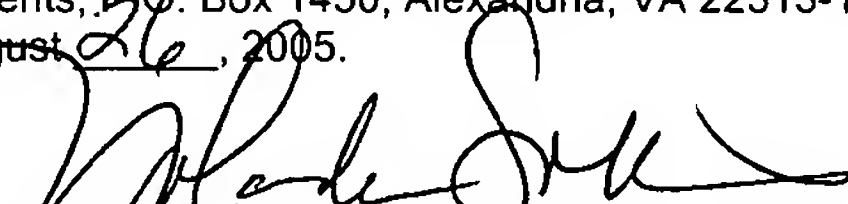
Dated: August 26, 2005



Edward L. Bishop
One of Attorneys for Applicant

CERTIFICATE OF FIRST CLASS MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on August 26, 2005.


Yolanda Solis

Europäisches
Patentamt

European Patent
Office

Office européen
des brevets



Bescheinigung

Die angehefteten Unterlagen
stimmen mit der ursprünglich
eingereichten Fassung der auf
dem nächsten Blatt bezeichneten
internationalen Patentanmeldung
überein.

Certificate

The attached documents
are exact copies of
the international patent
application described on the
following page, as originally
filed

Attestation

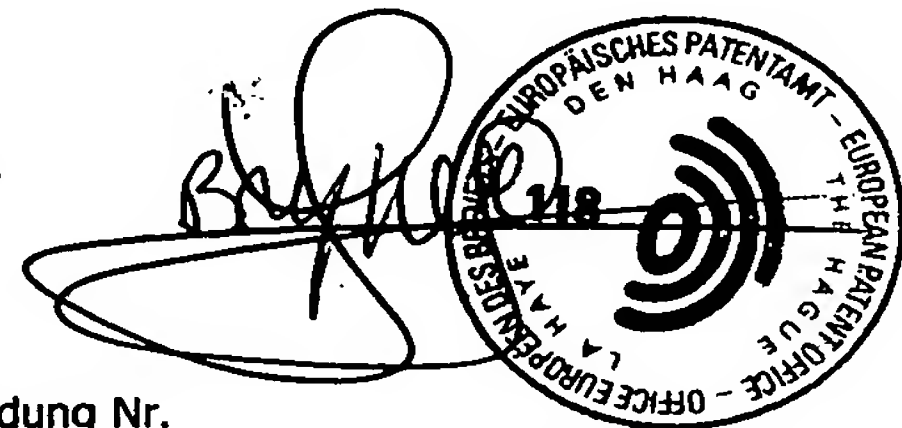
Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de la
demande de brevet internationale
spécifiée à la page suivante.

Den Haag, den
The Hague,
La Haye, le

11.08.2005

Der Präsident des Europäischen Patentamts, i.A.
For the President of the European Patent Office
Le Président de l'Office européen des brevets, p.o.

BRYNER, Yocline



Patentanmeldung Nr.
Patent application no.
Demande de brevet n°

PCT/EP02/11030



Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldenummer :
Application no. : PCT/EP02/11030
Demande n° :

Anmelder : 1. Carl Zeiss Semiconductor Manufacturing Technologies AG -
Applicant(s) : Oberkochen, Deutschland
Demandeur(s) : 2. MECKING, Birgit - Aalen, Deutschland (nur US)

Bezeichnung der Erfindung :
Title of the invention : Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften von mindestens
Titre d'invention : zwei optischen Elementen sowie photolithographisches Fertigungsverfahren

Anmeldetag :
Date of filing : 02. Oktober 2002 (02.10.2002)
Date de dépôt :

In Anspruch genommene Priorität(e) :
Priority(ies) claimed :
Priorité(s) revendiquée(s) :

Staat	:	Tag	:	Aktenzeichen	:
State	:	Date	:	File no.	:
Pays	:	Date	:	Numéro de dépôt	:

Benennung von Vertragsstaaten : Siehe Formblatt PCT/RO/101 (beigefügt)
Designation of contracting states : See Form PCT/RO/101 (enclosed)
Désignation d'états contractants : Voir Formulaire PCT/RO/101 (ci-joint)

Bemerkungen :
Remarks : Weitere Anmelder:
Remarques :

3. GRUNER, Toralf - Königsbrunn, Deutschland (nur US)
4. KOHL, Alexander - Aalen, Deutschland (nur US)

Feld Nr. V BESTIMMUNG VON STAATEN Bitte die entsprechenden Kästchen ankreuzen; wenigstens ein Kästchen muß angekreuzt werden

Die folgenden Bestimmungen nach Regel 4.9 Absatz a werden hiermit vorgenommen:

Regionales Patent

- ☒ **AP ARIPO-Patent:** GH Ghana, GM Gambia, KE Kenia, LS Lesotho, MW Malawi, MZ Mosambik, SD Sierra Leone, SZ Swasiland, TZ Vereinigte Republik Tansania, UG Uganda, ZM Sambia, ZW Simbabwe und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Harare-Protokolls und des PCT ist (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben)
- ☒ **EA Eurasisches Patent:** AM Armenien, AZ Aserbaidshan, BY Belarus, KG Kirgisistan, KZ Kasachstan, MD Rep. Moldau, RU Russische Föderation, TJ Tadschikistan, TM Turkmenistan und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Eurasischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☒ **EP Europäisches Patent:** AT Österreich, BE Belgien, BG Bulgarien, CH & LI Schweiz und Liechtenstein, CY Zypern, CZ Tschechische Republik, DE Deutschland, DK Dänemark, EE Estland, ES Spanien, FI Finnland, FR Frankreich, GB Vereinigtes Königreich, GR Griechenland, IE Irland, IT Italien, LU Luxemburg, MC Monaco, NL Niederlande, PT Portugal, SE Schweden, SK Slowakei, TR Türkei und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☒ **OA OAPI-Patent:** BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Zentralafrikanische Republik, CG Kongo, CI Côte d'Ivoire, CM Kamerun, GA Gabun, GN Guinea, GQ Äquatorialguinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauretanien, NE Niger, SN Senegal, TD Tschad, TG Togo und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat der OAPI und des PCT ist (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben)

Nationales Patent (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben)

- | | | |
|---|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> AE Vereinigte Arabische Emirate | <input checked="" type="checkbox"/> GM Gambia | <input checked="" type="checkbox"/> NZ Neuseeland |
| <input checked="" type="checkbox"/> AG Antigua und Barbuda | <input checked="" type="checkbox"/> HR Kroatien | <input checked="" type="checkbox"/> OM Oman |
| <input checked="" type="checkbox"/> AL Albanien | <input checked="" type="checkbox"/> HU Ungarn | <input checked="" type="checkbox"/> PH Philippinen |
| <input checked="" type="checkbox"/> AM Armenien | <input checked="" type="checkbox"/> ID Indonesien | <input checked="" type="checkbox"/> PL Polen |
| <input checked="" type="checkbox"/> AT Österreich | <input checked="" type="checkbox"/> IL Israel | <input checked="" type="checkbox"/> PT Portugal |
| <input checked="" type="checkbox"/> AU Australien | <input checked="" type="checkbox"/> IN Indien | <input checked="" type="checkbox"/> RO Rumänien |
| <input checked="" type="checkbox"/> AZ Aserbaidshan | <input checked="" type="checkbox"/> IS Island | <input checked="" type="checkbox"/> RU Russische Föderation |
| <input checked="" type="checkbox"/> BA Bosnien-Herzegowina | <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan | |
| <input checked="" type="checkbox"/> BB Barbados | <input checked="" type="checkbox"/> KE Kenia | <input checked="" type="checkbox"/> SD Sudan |
| <input checked="" type="checkbox"/> BG Bulgarien | <input checked="" type="checkbox"/> KG Kirgisistan | <input checked="" type="checkbox"/> SE Schweden |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brasilien | <input checked="" type="checkbox"/> KP Demokratische Volksrepublik Korea | <input checked="" type="checkbox"/> SG Singapur |
| <input checked="" type="checkbox"/> BY Belarus | | <input checked="" type="checkbox"/> SI Slowenien |
| <input checked="" type="checkbox"/> BZ Belize | <input checked="" type="checkbox"/> KR Republik Korea | <input checked="" type="checkbox"/> SK Slowakei |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Kanada | <input checked="" type="checkbox"/> KZ Kasachstan | <input checked="" type="checkbox"/> SL Sierra Leone |
| <input checked="" type="checkbox"/> CH & LI Schweiz und Liechtenstein | <input checked="" type="checkbox"/> LC Saint Lucia | <input checked="" type="checkbox"/> TJ Tadschikistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN China | <input checked="" type="checkbox"/> LK Sri Lanka | <input checked="" type="checkbox"/> TM Turkmenistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> CO Kolumbien | <input checked="" type="checkbox"/> LR Liberia | <input checked="" type="checkbox"/> TN Tunesien |
| <input checked="" type="checkbox"/> CR Costa Rica | <input checked="" type="checkbox"/> LS Lesotho | <input checked="" type="checkbox"/> TR Türkei |
| <input checked="" type="checkbox"/> CU Kuba | <input checked="" type="checkbox"/> LT Litauen | <input checked="" type="checkbox"/> TT Trinidad und Tobago |
| <input checked="" type="checkbox"/> CZ Tschechische Republik | <input checked="" type="checkbox"/> LU Luxemburg | |
| <input checked="" type="checkbox"/> DE Deutschland | <input checked="" type="checkbox"/> LV Lettland | <input checked="" type="checkbox"/> TZ Vereinigte Republik Tansania |
| <input checked="" type="checkbox"/> DK Dänemark | <input checked="" type="checkbox"/> MA Marokko | <input checked="" type="checkbox"/> UA Ukraine |
| <input checked="" type="checkbox"/> DM Dominica | <input checked="" type="checkbox"/> MD Republik Moldau | <input checked="" type="checkbox"/> UG Uganda |
| <input checked="" type="checkbox"/> DZ Algerien | | <input checked="" type="checkbox"/> US Vereinigte Staaten von Amerika |
| <input checked="" type="checkbox"/> EC Ecuador | <input checked="" type="checkbox"/> MG Madagaskar | |
| <input checked="" type="checkbox"/> EE Estland | <input checked="" type="checkbox"/> MK Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | <input checked="" type="checkbox"/> UZ Usbekistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> ES Spanien | | <input checked="" type="checkbox"/> VN Vietnam |
| <input checked="" type="checkbox"/> FI Finnland | <input checked="" type="checkbox"/> MN Mongolei | <input checked="" type="checkbox"/> YU Jugoslawien |
| <input checked="" type="checkbox"/> GB Vereinigtes Königreich | <input checked="" type="checkbox"/> MW Malawi | <input checked="" type="checkbox"/> ZA Südafrika |
| <input checked="" type="checkbox"/> GD Grenada | <input checked="" type="checkbox"/> MX Mexiko | <input checked="" type="checkbox"/> ZM Sambia |
| <input checked="" type="checkbox"/> GE Georgien | <input checked="" type="checkbox"/> MZ Mosambik | <input checked="" type="checkbox"/> ZW Simbabwe |
| <input checked="" type="checkbox"/> GH Ghana | <input checked="" type="checkbox"/> NO Norwegen | |

Kästchen für die Bestimmung von Staaten, die dem PCT nach der Veröffentlichung dieses Formblatts beigetreten sind.

- ☐ ☐ ☒ alle weiteren, dem PCT beizutretenden Staaten
- ☐ ☐ ☒ angehörende Vertragsstaaten

Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen: Zusätzlich zu den oben genannten Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der im Zusatzfeld genannten Bestimmungen, die von dieser Erklärung ausgenommen sind. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt. (Die Bestätigung (einschließlich der Gebühren) muß beim Anmeldeamt innerhalb der Frist von 15 Monaten eingehen.)

Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften
von mindestens zwei optischen Elementen sowie
05 photolithographisches Fertigungsverfahren

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung
der Abbildungseigenschaften von mindestens zwei opti-
10 schen Elementen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie
ein photolithographisches Fertigungsverfahren.

Derartige Verfahren sind aus der EP 1 063 684 A1 bekannt.
Dort wird als polarisationsabhängige Störgröße die Doppel-
15 brechungsverteilung von Linsen innerhalb eines Projek-
tionsobjektivs einer Projektionsbelichtungsanlage bestimmt.
Die Linsen werden dann so ausgewählt und innerhalb des
Projektionsobjektivs angeordnet, daß sich eine Gesamtdop-
pelbrechung ergibt, deren Betrag für jeden optischen Weg
20 durch das Projektionsobjektiv einen vorgegebenen Grenzwert
unterschreitet. Die Gesamtdoppelbrechung setzt sich hierbei
zusammen aus der Summe aller Doppelbrechungen der einzelnen
vermessenen Linsen. Ein derartiges Verfahren ist hilfreich,
wenn Linsen aufgrund einer nicht tolerierbaren Doppelbre-
25 chungsverteilung aussortiert werden sollen, führt in der
Praxis jedoch nicht immer dazu, daß Vorgabewerte für die
Abbildungseigenschaften der optischen Elemente erreicht
werden.

30 Ein anderes Optimierungsverfahren ist aus dem Fachartikel
"The development of microlithographic high-performance
optics, Int. J. of Optoelec., 1989, 545, bekannt. Bei
der Optimierung der Abbildungseigenschaften optischer
Systeme mit optischen Elementen, die aus Kristallmateria-
35 lien gefertigt sind, führt dieses Verfahren nur dann

zu zufriedenstellenden Ergebnissen, wenn die Kristallmaterialien speziell ausgewählt werden und die optischen Elemente spannungsfrei gehaltert werden. Derartige Maßnahmen sind aufwendig.

05

Es ist daher eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Optimierungsverfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass ein Gesamtabbildungsfehler, der sich aus den Abbildungsfehlern der einzelnen optischen
10 Komponenten zusammensetzt, für die meisten praktischen Anwendungsfälle weiter reduziert werden kann.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren stützt sich auf folgende Erkenntnisse:

Zur Gesamtstörgröße tragen in aller Regel polarisationsabhängige und polarisationsunabhängige Störgrößen bei.
20 Polarisationsabhängige Störgrößen können unterteilt werden in intrinsisch vorliegende polarisationsabhängige Störgrößen wie der intrinsischen, also auch bei homogenem und spannungsfreiem Material auftretenden, Doppelbrechung,
25 in aufgrund externer Effekte auftretende polarisationsabhängige Störgrößen wie der Spannungsdoppelbrechung und in aufgrund innerer Materialinhomogenitäten auftretende polarisationsabhängige Störgrößen wie einer Doppelbrechung aufgrund von Kristallfehlern, insbesondere durch die
30 Ausbildung von Domänen im Material.

Bisherige Bestimmungsverfahren zur Bestimmung von Abbildungsfehlern optischer Elemente beschränkten sich in der Regel auf polarisationsunabhängige Störgrößen, da für die
35 gebräuchlichen optischen Materialien nur im Ausnahmefall

von einer polarisationsabhängigen Störgröße ausgegangen wurde. Diesen polarisationsabhängigen Störgrößen wurde bisher Rechnung getragen, ohne sie in eine Zielpositionsberechnung einzubinden. Dies geschah, wie oben schon
05 erwähnt, durch Materialauswahl bzw. spezielle Halterung.

Aus der Internet-Publikation "Preliminary Determination of an Intrinsic Birefringence in CaF_2 " von J. H. Burnett, G. L. Shirley und Z. H. Levine, NIST Gaithersburg MD 20899
10 USA (verbreitet am 7.5.01), ist jedoch bekannt, dass CaF_2 Einkristalle auch nicht spannungsinduzierte, also intrinsische Doppelbrechung aufweisen. Dies gilt zum Beispiel für eine Strahlausbreitung in der (110)-Kristallrichtung. Bei einer Strahlausbreitung in der (100)-Kristallrichtung
15 und in der (111)-Kristallrichtung weist CaF_2 dagegen keine intrinsische Doppelbrechung auf. Die auftretende Doppelbrechung ist also strahlrichtungsabhängig. Sie kann weder durch Materialauswahl noch durch eine spannungsfreie Halterung eines optischen Elements eliminiert werden.

20 Da CaF_2 und auch andere Kristallmaterialien mit intrinsischer Doppelbrechung zunehmend als optische Materialien insbesondere in Verbindung mit UV-Lichtquellen eingesetzt werden, führt das Nichtberücksichtigen polarisationsabhängiger Störgrößen zu Abbildungsfehlern, die bei den
25 bekannten Optimierungsverfahren nicht erfaßt werden.

Die polarisationsabhängigen Störgrößen führen dazu, dass eine Abbildung von Lichtstrahlen orthogonaler Polarisationen an unterschiedlichen Orten erfolgt. Gleichzeitig
30 können Polarisierungseffekte bewirken, daß die einzelnen Polarisationskomponenten unterschiedliche Abbildungsfehler erfahren.

35 Die oben erwähnte EP 1 063 684 A1 berücksichtigt zwar

eine polarisationsabhängige Störgröße, nämlich die Doppelbrechung, läßt aber im Rahmen der Optimierung der Anordnung der optischen Komponenten zueinander andere Störgrößen außer acht, wodurch sich vermeidbare Fehlerbeträge zum
05 Gesamtabbildungsfehler ergeben können.

Erfindungsgemäß werden sowohl die polarisationsabhängigen als auch die polarisationsunabhängigen Störgrößen bei der Zielpositionsberechnung berücksichtigt. Auf diese
10 Weise lassen sich die optischen Elemente hinsichtlich ihrer Abbildungseigenschaften präzise und vollständig modellieren.

Die polarisationsabhängige Störgröße gemäß Anspruch
15 2 berücksichtigt den Einfluss von internen Spannungen in den optischen Materialien. Diese internen Spannungen können etwa beim Herstellungsprozess im Material eingefroren worden sein oder aufgrund der mechanischen Halterung (Fassung) des optischen Elements auftreten. Die
20 Berücksichtigung der Spannungsdoppelbrechung verbessert die Optimierung der Abbildungseigenschaften auch bei optischen Elementen, die keine intrinsische Spannungsdoppelbrechung aufweisen.

25 Eine Lagebestimmung mindestens einer Kristallachse gemäß Anspruch 3 kann im günstigsten Fall, wenn keine weiteren polarisationsabhängigen Störgrößen vorliegen, eine weitere Messung polarisationabhängiger Störgrößen überflüssig machen, da nach Bestimmung der Kristallachsenlage die
30 intrinsische Doppelbrechung berechnet werden kann.

Ein relativ einfach, da ohne größere Eingriffe in die Halterung des optischen Elements, realisierbarer Bewegungsfreiheitsgrad ist die Verdrehbarkeit des mindestens
35 einen optischen Elements gemäß Anspruch 4.

Die Auswirkungen der Verlagerung eines gemäß Anspruch
5 linear verlagerbaren optischen Elements auf die Abbil-
dungseigenschaften der mindestens zwei optischen Elemente
05 lassen sich präzise, z.B. mittels optischer Designprogramme
vorhersagen, was die Berechnung der Zielposition erleich-
tert.

Mit einem gemäß Anspruch 6 verlagerbaren optischen Element
10 lassen sich insbesondere Zentrierungsfehler kompensieren.

Ein gemäß Anspruch 7 verkippbares optisches Element
erlaubt z.B. eine Ausrichtung der Kristallachsen des
optischen Elements relativ zur optischen Achse einer
15 Gesamtoptik, welche die mindestens zwei optischen Elemente
umfaßt.

Eine Bestimmung der polarisationsabhängigen Störgröße
gemäß Anspruch 8 führt dazu, dass auch die Beiträge
20 der Spannungsdoppelbrechung, die von der Fassung ausgehen
bei der Bestimmung der polarisationsabhängigen Störgröße
berücksichtigt werden. Dies erhöht die Präzision des
Optimierungsverfahrens.

25 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist
es, ein photolithographisches Fertigungsverfahren mit
verbesserter optischer Qualität schaffen.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch ein Ver-
30 fahren mit den im Anspruch 9 genannten Merkmalen. Die
Vorteile des Fertigungsverfahrens ergeben sich aus den
oben diskutierten Vorteilen des Optimierungsverfahrens.

Bei einer Belichtungswellenlänge gemäß Anspruch 10 liegen
35 bei vielen optischen Materialien polarisationsabhängige

Störgrößen vor, die die Abbildungseigenschaften optischer Elemente stärker beeinflussen als z.B. bei Belichtung mit sichtbarem Licht. Bei einer Belichtung mit Wellenlängen kleiner als 200 nm kommt daher das erfindungsgemäße
05 Optimierungsverfahren stark zum Tragen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

10 Figur 1 eine Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie;

Figur 2 einen Schnitt durch einen Block eines Einkristalls als Ausgangsmaterial für eine Linse einer Projektionsoptik der Projektionsbelichtungsanlage von
15 Figur 1;

Figur 3 eine schematische Darstellung der intrinsischen Doppelbrechung einer aus einem Einkristall
20 hergestellten optischen Platte der Projektionsoptik der Projektionsbelichtungsanlage von Figur 1;

Figur 4 ein Koordinatensystem zur Definition eines Öffnungswinkels und eines Azimutwinkels für
25 Strahlen eines Projektionslichtbündels der Projektionsbelichtungsanlage von Figur 1; und

Figur 5 den Verlauf der intrinsischen Doppelbrechung der optischen Platte von Figur 3 in Abhängigkeit
30 vom Azimutwinkel.

Eine in Figur 1 insgesamt mit 1 bezeichnete Projektionsbelichtungsanlage dient zur Übertragung einer Struktur
35 von einer Maske 2 auf einen in der Figur 1 nicht darge-

stellten Wafer.

Eine Lichtquelle 3, zum Beispiel ein F_2 -Laser bei mit einer Wellenlänge 157nm, erzeugt hierzu ein Projektionslichtbündel 4. Dieses durchtritt zur Formung zunächst eine Beleuchtungsoptik 5 und anschließend die Maske 2. Eine Projektionsoptik 6 bildet die auf der Maske 2 vorliegende Struktur auf den Wafer ab.

Die Projektionsoptik 6 ist in Figur 1 unterteilt in einen um die optische Achse der Projektionsoptik 6 verdrehbaren Teil 7 und in einen stationären Teil 8. In der Praxis liegen bei der Projektionsoptik 6 oft mehrere verdrehbare Teile vor; zu Zwecken dieser Beschreibung genügt jedoch die Beschränkung auf nur einen verdrehbaren Teil 7.

Stellvertretend für die optischen Komponenten des verdrehbaren Teils 7 ist in Figur 1 eine bikonvexe Linse 9 und für die optischen Komponenten des stationären Teils 8 eine planparallele optische Platte 10 angedeutet. Die Linse 9 ist zudem, wie in Fig. 1 durch ein kartesisches Koordinatensystem 20 illustriert, sowohl längs der optischen Achse als auch quer zur optischen Achse der Projektionsoptik 6 verlagerbar, sowie, wie durch einen Doppelpfeil 21 in Fig. 1 angedeutet, gegenüber der optischen Achse der Projektionsoptik 6 verkippter. Der Doppelpfeil 21 bezeichnet hierbei eine von zwei möglichen und aufeinander senkrecht stehenden Kippbewegungen gegenüber der optischen Achse. Auch andere, in Fig. 1 nicht explizit dargestellte optische Elemente der Projektionsoptik 6 können die genannten Bewegungsfreiheitsgrade aufweisen.

Zur Vermessung von sich auf die Abbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 auswirkenden Störgrößen ist ein positionsempfindlicher Sensor 11 vorgesehen. Dieser ist

quer zur optischen Achse der Projektionsoptik 6 zwischen einer in Figur 1 dargestellten Messposition und einer nicht dargestellten, aus dem Strahlengang des Projektionslichtbündels 4 herausverlagerten Projektionsbelichtungsposition verschiebbar (vgl. Doppelpfeil 12 in Fig. 1). Über eine Signalleitung 13 steht der Sensor 11 mit einem Rechner 14 in Verbindung.

Die Linse 9 und die optische Platte 10 sind aus Einkristallen aus CaF_2 gefertigt, welches eine kubische Kristallsymmetrie aufweist. Zur Herstellung werden diese optischen Elemente 9, 10 aus Kristallblöcken herausgeschnitten und poliert.

Für die Linse 9 ist in Fig. 2 beispielhaft ein solcher Kristallblock 15 dargestellt. Dieser ist so orientiert, dass (100)-Kristallebenen 16 derart senkrecht auf der Zeichenebene stehen, daß ihre Schnittgeraden mit der Zeichenebene horizontal verlaufende Linien ergeben. Die Linse 9 wird aus dem Kristallblock 15 so herausgearbeitet, dass ihre Elementachse EA, d. h. die optische Achse der Linse 9, mit der (100)-Kristallrichtung, die senkrecht auf den (100)-Kristallebenen steht, zusammenfällt.

Auch die optische Platte 10, die isoliert in Fig. 3 dargestellt ist, ist derart orientiert aus einem Kristallblock herausgearbeitet. Dort sind neben der (100)-Kristallrichtung auch die (101)-, (110)-, (10-1)- und (1-10)-Kristallrichtungen als Pfeile dargestellt, wobei das negative Vorzeichen bei der Indizierung der Kristallrichtung in dieser Beschreibung der Bezeichnung "oben quer" in der Zeichnung gleichzusetzen ist. Eine intrinsische Doppelbrechung der optischen Platte 10 ist schematisch durch vier "Keulen" 17 dargestellt, deren Oberflächen den Betrag der intrinsischen Doppelbrechung für die jeweilige

Strahlrichtung eines Lichtstrahls des Projektionslichtbündels 4 (vgl. Figur 1) angeben. Die maximale intrinsische Doppelbrechung der optischen Platte 4 ergibt sich jeweils in den (101)-, (110)-, (10-1) und (1-10)-Kristallrichtungen.

05

Die Strahlrichtung eines Lichtstrahls 18 des Projektionslichtbündels 4 ist durch einen Öffnungswinkel Theta und einen Azimutwinkel Alpha definiert. Die Lage dieser beiden Winkel verdeutlicht Figur 4: Dort ist ein kartesisches Koordinatensystem der Projektionsbelichtungsanlage 1 gezeig, dessen z-Achse mit der optischen Achse der Projektionsoptik 6 zusammenfällt. Der Öffnungswinkel Theta ist der Winkel zwischen dem Lichtstrahl 18 und der z-Achse. Der Azimutwinkel Alpha ist der Winkel zwischen der x-Achse und der Projektion des Lichtstrahls 18 auf die xy-Ebene.

Bei der nachfolgenden Beschreibung sind die optischen Komponenten 9, 10 so orientiert, daß die (100)-Kristallrichtung mit der z-Achse und die Projektion der (101)-Kristallrichtung auf die xy-Ebene mit der x-Achse zusammenfällt.

Figur 5 zeigt die intrinsische Doppelbrechung (IDB) der optischen Platte 10 in Abhängigkeit vom Azimutwinkel Alpha für den Öffnungswinkel Theta = 45 Grad. Es ergibt sich eine vierzählige Symmetrie, wobei die Maxima der intrinsischen Doppelbrechung sich für Lichtstrahlen ergeben, deren Strahlrichtung mit den (101)-, (110)-, (10-1)- und (1-10)-Kristallrichtungen (vgl. Figur 3) zusammenfallen, also für Lichtstrahlen mit einem Öffnungswinkel Theta von 45 Grad und einem Azimutwinkel Alpha von 0 Grad, 90 Grad, 180 Grad und 270 Grad. Die intrinsische Doppelbrechung verschwindet (vgl. Figur 3) bei einem Öffnungswinkel von 0 Grad, d. h. eine Strahlrichtung längs der optischen Achse des Projektionsobjektivs 6 in (100)-Kristallrichtung.

Als maximale intrinsische Doppelbrechung (Strahlausbreitung z.B. in (110)-Kristallrichtung, d.h. Theta gleich 45 Grad, Alpha gleich 90 Grad) wurde ein Wert von (11,0 +/- 0,4) 05 nm/cm bei einer Wellenlänge von 156,1nm für CaF_2 gemessen.

Bei den Azimutwinkeln, bei denen eine intrinsische Doppelbrechung auftritt (vgl. Figur 5), nimmt diese für Öffnungswinkel kleiner als 45 Grad mit dem Öffnungswinkel kontinuierlich ab (vgl. Figur 3). 10

Neben diesen intrinsischen Beiträgen zur Doppelbrechung weisen die Linse 9 und die optische Platte 10 abhängig von ihrer Einbausituation in der Projektionsoptik 6 15 zusätzliche Spannungsdoppelbrechungsbeiträge auf, die sich zur intrinsischen Doppelbrechung addieren. Weitere Doppelbrechungsbeiträge können sich zum Beispiel durch Kristallfehler, insbesondere durch die Ausbildung von Domänen, ergeben. Nicht intrinsische Doppelbrechungsbeiträge können auch bei optischen Materialien vorliegen, 20 die keine intrinsische Doppelbrechung aufweisen.

Ein Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 wird folgendermaßen durchgeführt: 25

Zunächst werden die optischen Störgrößen aller optischen Elemente der Projektionsoptik 6 einzeln ermittelt. Derartige Messverfahren zur Bestimmung einerseits der oben beschriebenen Doppelbrechungsbeiträge als Beispiel für 30 polarisationsabhängige Störgrößen und andererseits polarisationsunabhängiger Störgrößen sind dem Fachmann bekannt. Hierzu kann zum Beispiel, wie dies durch den Sensor 11 in Figur 1 angedeutet ist, eine Messung der Gesamtabbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 bei verschiedenen 35 Justagezuständen der Projektionsoptik 6 erfolgen.

Alternativ oder zusätzlich können mit Hilfe bekannter Messverfahren die einzelnen optischen Elemente der Projektionsoptik 6 unabhängig voneinander vermessen werden.

05 Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Einbausituation der optischen Elemente in der Projektionsoptik 6 während dieser unabhängigen Vermessung möglichst präzise simuliert wird, so dass bedingt durch den Einbau der optischen Elemente in die Projektionsbelichtungsanlage

10 1 nicht zusätzliche Störbeiträge entstehen, die die Optimierung der Abbildungseigenschaften der Projektionsoptik 6 beeinträchtigen.

Die Bestimmung der Doppelbrechungsbeiträge kann zum

15 Beispiel die Lagebestimmung der Kristallachsen der vermessenen optischen Elemente, soweit es sich um Kristallmaterialien handelt, umfassen.

Die Messergebnisse werden vom Rechner 14 ausgewertet.

20 Dieser ermittelt die jeweiligen Störgrößenbeiträge der einzelnen optischen Elemente der Projektionsoptik und ordnet diese Beiträge den einzelnen polarisationsabhängigen und polarisationsunabhängigen Störgrößen zu. Anschließend berechnet und optimiert der Rechner 14 eine Zielfunktion

25 (Meritfunktion). In diese Zielfunktion gehen die Abhängigkeiten der Störgrößenbeiträge aller optischen Elemente von den Bewegungsfreiheitsgraden dieser optischen Elemente (Verdrehung, Neigung, Zentrierung) ein.

30 Im dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt diese Berechnung für die optischen Komponenten 9 und 10:

Wie oben ausgeführt, ist die Linse 9 gegenüber der optischen Platte 10 um die optische Achse verdrehbar. Nach

35 der Vermessung der Störgrößenbeiträge liegen für die Linse

9 und die optische Platte 10 ihre jeweiligen Beiträge zu den polarisationsabhängigen und den polarisationsunabhängigen Störgrößen vor. Die Meritfunktion enthält neben den Störgrößen der Linse 9 und der optischen Platte 10 auch
05 die Abhängigkeit der Störgrößenbeiträge der Linsen 9 von der Verdrehung von dieser um die optische Achse.

Anschließend wird die Meritfunktion durch Variation der Bewegungsfreiheitsgrade der beweglichen Teile der Projektionsoptik 6 optimiert. Bei der Ausführung gemäß Figur 1
10 wird die Meritfunktion bei jeder Drehposition des verdrehbaren Teils 7 der Projektionsoptik 6 ausgewertet. Anschließend wird diejenige Drehposition ermittelt, in der die Meritfunktion den optimalen Wert aufweist.

15

Schließlich werden die beweglichen optischen Elemente in die ermittelte Zielposition gefahren. Bei der Ausführung nach Figur 1 wird der verdrehbare Teil 7 mit der Linse 9 in die ermittelte Zielposition gedreht.

Patentansprüche

=====

05

1. Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigenschaften
von mindestens zwei optischen Elementen, bei dem
die relative Lage der optischen Elemente zur Optimierung
der optischen Abbildung zueinander eingestellt wird,
10 mit folgenden Verfahrensschritten:

- a) Bestimmen einer polarisationsabhängigen Störgröße
für mindestens ein optisches Element (9, 10);
- 15 b) Berechnen einer Zielposition mindestens eines beweg-
lichen optischen Elements (9) aus den Störgrößen,
die für dieses und für das mindestens eine weitere
optische Element bestimmt wurden,
- 20 c) Bewegen des beweglichen optischen Elements (9) in
die Zielposition;

dadurch gekennzeichnet, daß

25 das Berechnen der Zielposition derart erfolgt, daß in der
Zielposition die Gesamtstörgröße aller optischen Elemente
(9, 10), zusammengesetzt aus polarisationsabhängigen und
polarisationsunabhängigen Störgrößen, minimiert ist.

30 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass unter den polarisationsabhängigen Störgrößen die
Spannungsdoppelbrechung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
35 dass das mindestens eine optische Element (9, 10),

dessen polarisationsabhängige Störgröße bestimmt wird,
aus einem Kristallmaterial besteht und dass das Bestimmen
der aus der Spannungsdoppelbrechung resultierenden
Störgröße das Bestimmen der Lage mindestens eine Kristall-
05 achse umfasst.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine
bewegliche optische Element (9) um seine optische Achse
10 verdrehbar ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine
bewegliche optische Element relativ zu den anderen opti-
15 schen Elementen linear verlagerbar ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
dass das bewegliche optische Element quer zur optischen
Achse verlagerbar ist.

20

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch
gekennzeichnet, dass das bewegliche optische Element
gegenüber der optischen Achse verkippar ist.

25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der
polarisationsabhängigen Störgröße am gefassten optischen
Element erfolgt.

30 9. Photolithographisches Fertigungsverfahren für Halb-
leiterbauelemente unter Benutzung optischer Elemente,
deren Abbildungseigenschaften mit einem Verfahren nach
einem der vorhergehenden Ansprüche optimiert wurden.

35 10. Photolithographisches Fertigungsverfahren nach Anspruch
9, gekennzeichnet durch eine Projektionsbelichtung
mit einer Wellenlänge, die geringer ist als 200 nm.

Zusammenfassung

=====

05

Bei einem Verfahren zur Optimierung der Abbildungseigen-
schaften von mindestens zwei optischen Elementen (9, 10),
bei dem die relative Lage der optischen Elemente (9, 10)
zur Optimierung der optischen Abbildung zueinander einge-
10 stellt wird, werden folgende Verfahrensschritte durchge-
führt: Zunächst wird eine polarisationsabhängige Störgröße
für mindestens ein optisches Element (9, 10) bestimmt.
Anschließend wird eine Zielposition mindestens eines
beweglichen optischen Elements (9) aus der für dieses
15 bestimmten Störgröße und den Störgrößen der weiteren
optischen Elemente berechnet. In welcher dieser Zielposi-
tion ist die Gesamtgröße aller optischen Elemente (6),
zusammengesetzt aus polarisationsabhängigen und polarisa-
tionsunabhängigen Störgrößen, minimiert. Schließlich
20 wird das bewegliche optische Element (9) in die Zielposi-
tion bewegt. Die Berücksichtigung der polarisationsabhän-
gigen Störgröße gewährleistet eine präzise Modellierung
der Abbildungseigenschaften, welche die Voraussetzung für
eine exakte Optimierung ist.

25

(Figur 1)

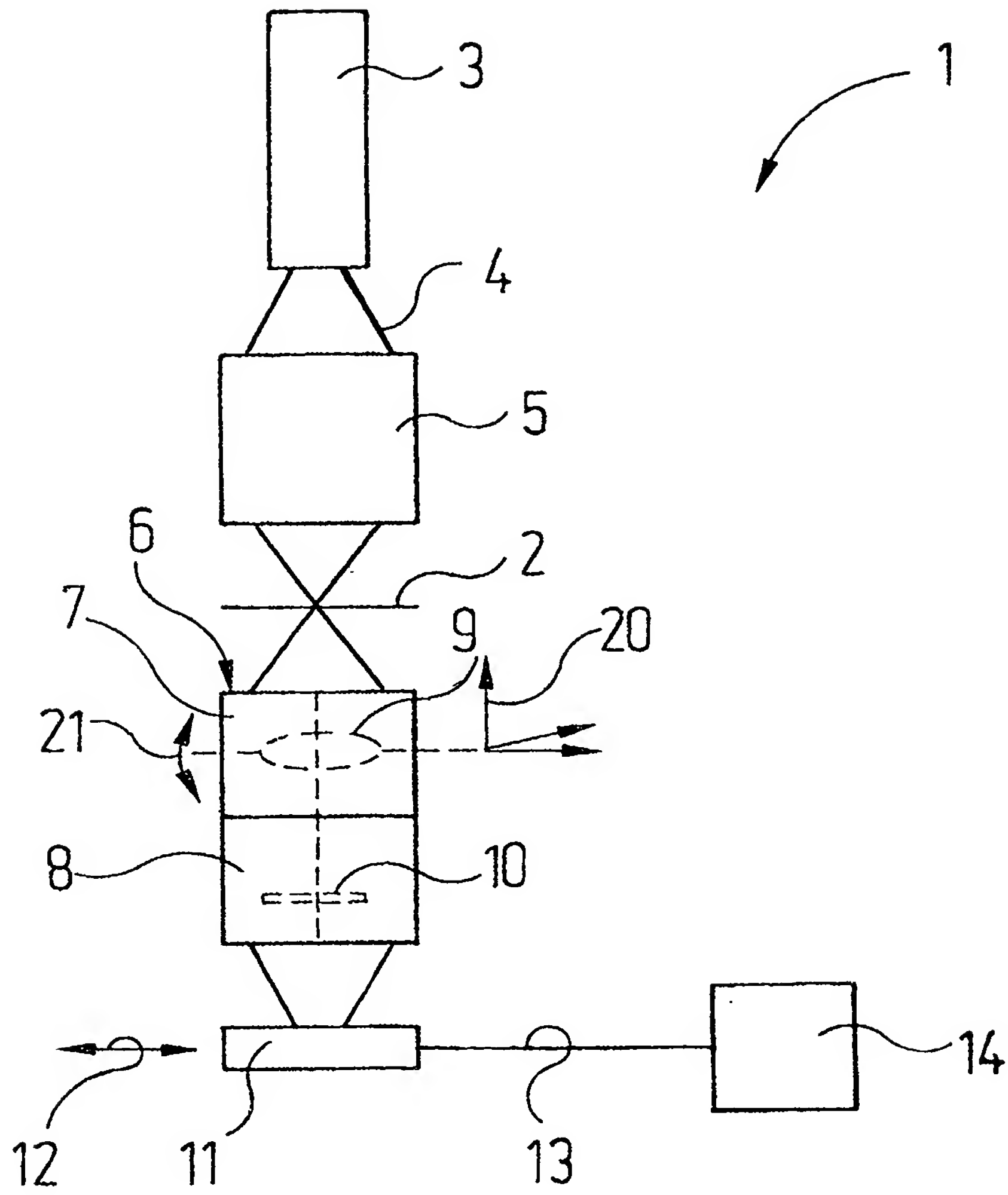


Fig. 1

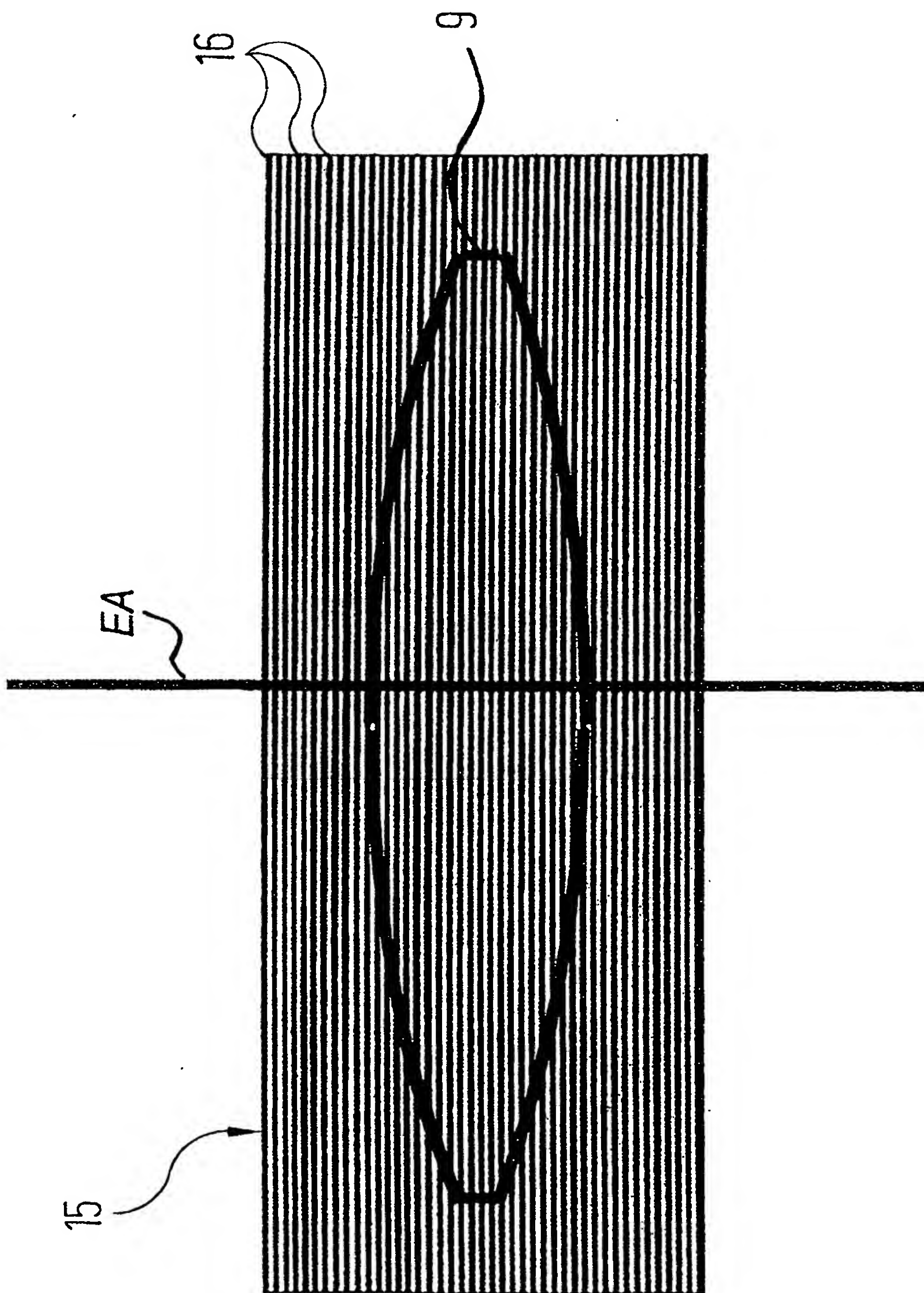


Fig. 2

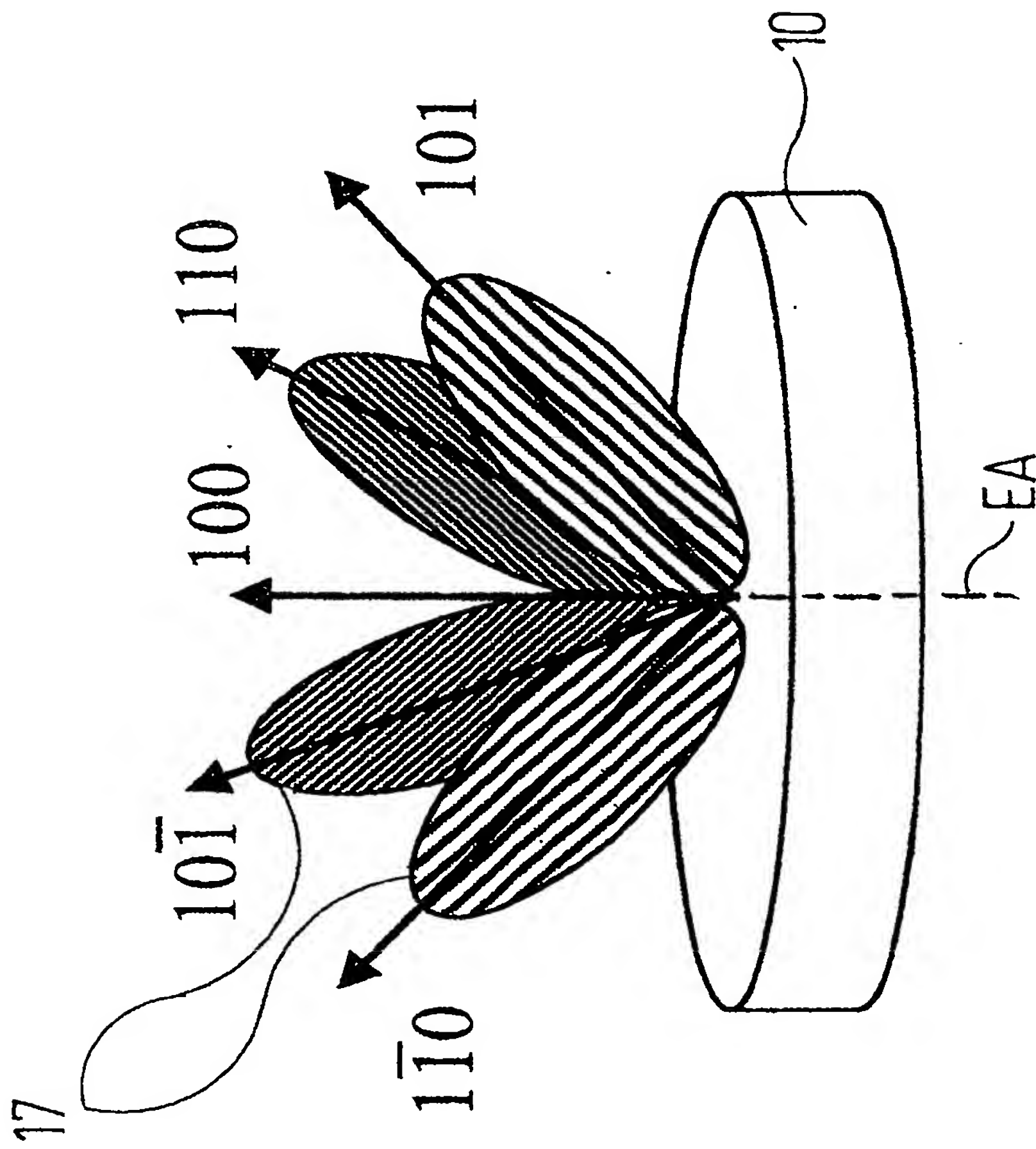


Fig. 3

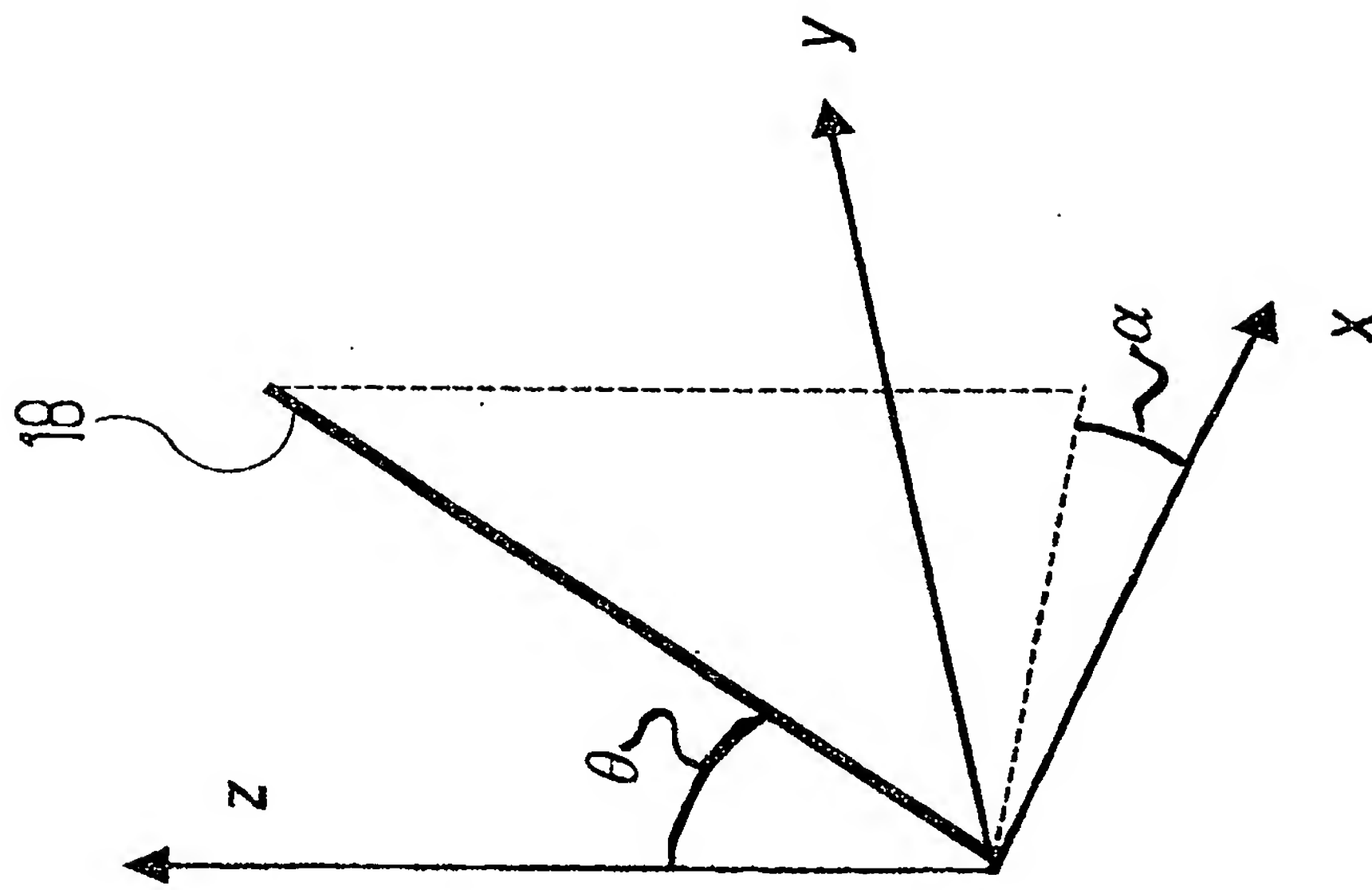


Fig. 4

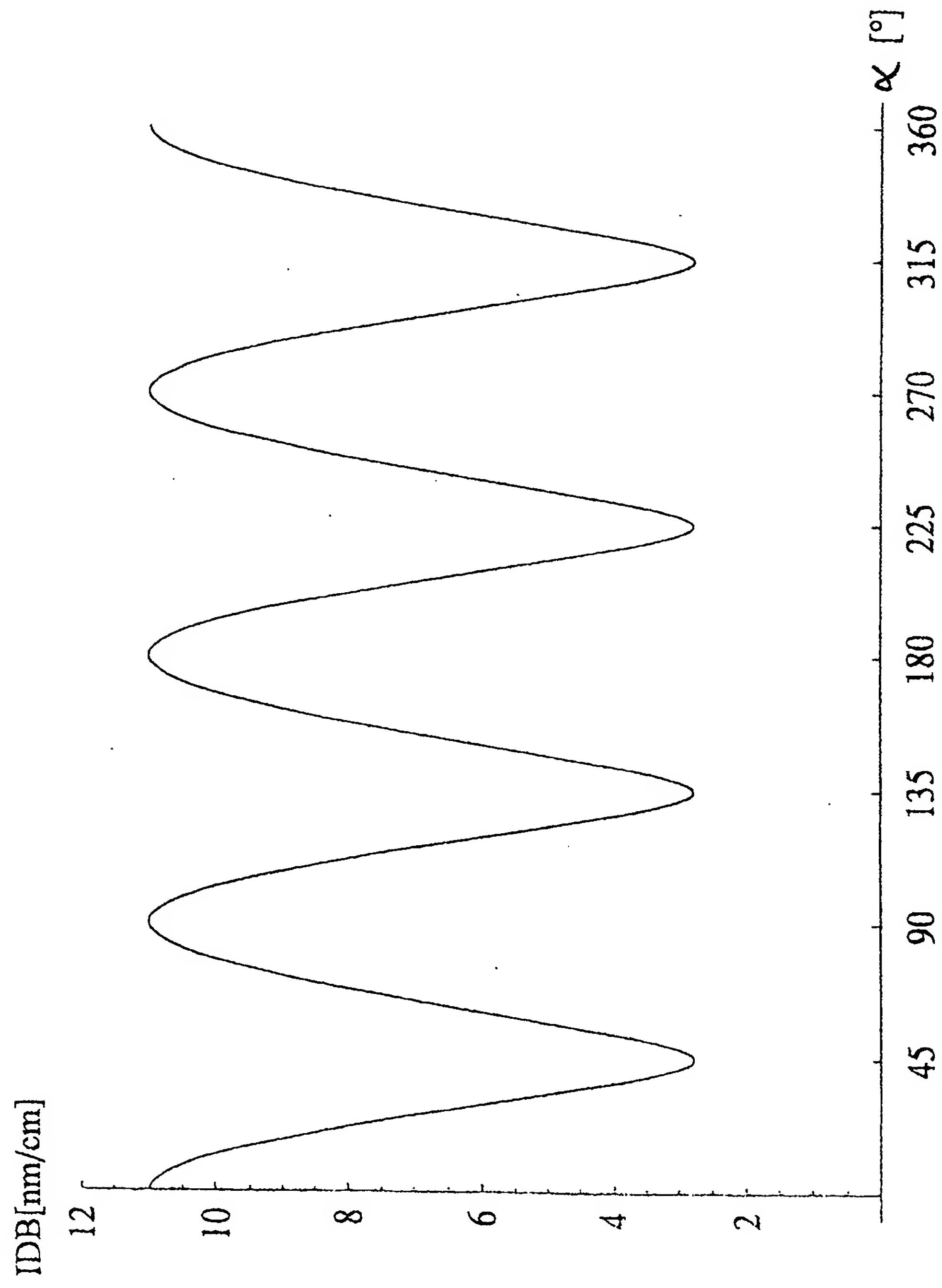


Fig. 5